



Les sciences physico-mathématiques dans l'arbre de la connaissance

Irène Passeron

► To cite this version:

Irène Passeron. Les sciences physico-mathématiques dans l'arbre de la connaissance. *Revue de philosophie*, F. Markovits et Jean-Jacques Szczeciniarz eds., Université Paris X, 2001, Corpus, revue de philosophie (n°38 D'Alembert), p. 113-132. hal-00361457

HAL Id: hal-00361457

<https://hal.science/hal-00361457>

Submitted on 15 Feb 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Les sciences physico-mathématiques dans l'arbre de la connaissance¹

Irène Passeron, chargée de recherches au CNRS

Le ton lourd et pénible de la vérité

Les historiens de la philosophie n'aiment guère le XVIII^e siècle, et en ce siècle, moins encore les écrits trop littéraires au goût des philosophes, trop philosophes au goût des littéraires, du géomètre et encyclopédiste D'Alembert. Philosophe géomètre, encyclopédiste mais pas encyclopédique pour autant : si la réunion de ces qualificatifs n'a pas déjà incité à la fuite vers des régions de la connaissance plus clairement balisées, il faut alors s'immerger dans l'exercice épistémologique délicat qui consiste à penser l'articulation de ces catégories avec les représentations du monde qu'elles tentent de structurer et de hiérarchiser. Dans l'œuvre de D'Alembert, pas de "Système", ni même l'amorce d'un "Traité", inversement, un regard sur le monde "trop simple" peut-être, au regard de la complexité mise en œuvre, par exemple, dans la pensée de Diderot. Certains de ses contemporains reprochaient à D'Alembert son "style géométrique" et de vouloir, en dehors des matières proprement assujetties au règne de la raison, "assujettir les fictions, les images, la hardiesse, les écarts de la poésie au *ton lourd et pénible de la vérité*"². C'est de ce mariage entre la complexité foisonnante du monde et la simplicité austère de la rigueur mathématique dont il va être question ici, d'un point de vue historique, c'est-à-dire en explicitant les termes du contrat, et en particulier le contexte de production des définitions³. Seules les sciences physico-mathématiques seront évoquées, pour le rôle ambigu et néanmoins central qu'elles jouent dans la classification des connaissances auquel D'Alembert s'est exercé toute sa vie, et pour l'utilisation qu'il en fit, brièvement évoquée, mais indispensable à la compréhension de sa pensée et de son épistémologie⁴.

I. Géométrie, mécanique et astronomie

L'examen du "Système figuré des connoissances humaines" — de Diderot —, qui clôt le discours préliminaire — de D'Alembert — se heurte au premier coup d'œil à la position marginale des "sciences physico-mathématiques" [voir fig. 1 et 2], dernière subdivision des mathématiques en pures, mixtes et "physico-mathématiques", lesquelles, contrairement aux deux premières, ne contiennent aucune ramification. Avant même que d'aller quémander explications auprès des auteurs, nous voilà obligés de gratter le palimpseste, et de remonter au *Prospectus* de l'*Encyclopédie*, paru en octobre 1750, et rédigé par Diderot. Michel Malherbe a montré très précisément à quelles variations de l'interprétation de Diderot et mieux encore à quelles divergences entre Diderot et D'Alembert sur la place généalogique et ontologique des mathématiques dans la connaissance, il fallait rapporter le statut ambigu du "physico-

¹ Je tiens à remercier Anne-Marie Chouillet et François De Gandt pour nos discussions et pour avoir organisé les tables rondes de Münster ("D'Alembert et l'*Encyclopédie*", publiée dans *Recherches sur Diderot et sur l'Encyclopédie*, n°21, octobre 1996) et de Dublin ("Le Milieu du siècle : science et philosophie 1745-1755")

² *Les trois siècles de la littérature française ou Tableau de l'esprit de nos écrivains depuis François Ier jusqu'en 1773*, [anonyme], 1774, abbé A. Sabatier, de Castres, cité par N.-L.-M. Desessarts dans *Les siècles littéraires de la France*, 1800, t. 1, p. 23.

³ Quant au rôle même de la définition chez D'Alembert, voir Véronique Le Ru, *Jean Le Rond d'Alembert philosophe*, Vrin, 1994.

⁴ L'édition des *Œuvres complètes de D'Alembert*, en 35 volumes, paraîtra aux Éditions du CNRS à partir de 2001. Chacune des introductions historiques explicitera ce lien et ses origines.

mathématique” vis à vis des mathématiques, des mathématiques mixtes et de la physique générale et particulière⁵.

Partons donc plutôt de ce qui est sans conteste une préoccupation essentielle de D’Alembert, “l’ordre généalogique des opérations de l’esprit”⁶, dont la déclinaison du “Discours préliminaire” privilégie trois formes, la géométrie, la mécanique et l’astronomie : “Rentrés enfin tout à fait dans le monde corporel, nous apercevons bientôt l’usage que nous pouvons faire de la Géométrie et de la Mécanique, pour acquérir sur les propriétés des corps, les connaissances les plus variées et les plus profondes. C’est à peu près de cette manière que sont nées toutes les sciences appelées physico-mathématiques. On peut mettre à leur tête l’Astronomie...”⁷

Géométrie, Mécanique, Astronomie, trois domaines dans lesquels D’Alembert s’est distingué, auxquels il faudrait ajouter en termes modernes l’analyse⁸, mais aussi très exactement le nom des trois catégories de la classe mathématique de l’Académie royale des Sciences de Paris⁹.

Dans le système figuré des connaissances humaines, ce sont trois disciplines différentes, hiérarchisées dans leur rapport à la certitude et aux faits. Nous allons donner quelques passerelles qui permettent de circuler de ces sciences à la philosophie de D’Alembert, ou en terme plus matériels, de naviguer entre les articles de l’*Encyclopédie*, les préfaces des ouvrages de D’Alembert, leur contenu et cette œuvre au statut encore plus complexe, les *Mélanges*, à proprement parler mélange de textes nouveaux, repris ou remaniés.

En effet, non seulement l’“Essai sur les éléments de philosophie” n’est pas un ouvrage à proprement parler, puisqu’il constitue le quatrième volume de la seconde édition “revue, corrigée et augmentée très considérablement” des *Mélanges de littérature, d’histoire et de philosophie*, non seulement l’historique de cette édition recoupe la crise de l’*Encyclopédie*, mais son contenu même utilise, anticipe, complète, modifie d’autres textes de D’Alembert, écrits dans d’autres contextes, en tant que préfaces de traités scientifiques ou parties constitutives du *Dictionnaire*.

Que dit de l’objet de ces disciplines le texte le plus connu, le plus lu et le plus cité des *Mélanges*, le “Discours préliminaire”¹⁰,? Que l’objet de la géométrie est de déterminer les propriétés de l’étendue, simplement en tant que figurée et d’étudier le mouvement sans tenir compte de l’impénétrabilité des corps. Cet examen utilise l’arithmétique et sa généralisation, l’algèbre.¹¹ L’objet de la Mécanique est de déterminer les lois de l’équilibre et du mouvement, les corps n’agissant les uns sur les autres qu’en tant qu’ils sont impénétrables.¹² L’Astronomie, en tête des sciences physico-mathématiques, consiste en l’usage de la géométrie et de la mécanique pour acquérir des connaissances sur les propriétés de corps, joignant l’observation au calcul. Elle est une quintessence de cet usage puisque D’Alembert la considère comme “l’application la plus

⁵ “Mathématiques et Sciences physiques dans le “Discours préliminaire” de l’*Encyclopédie*, Michel Malherbe, *Recherches sur Diderot et sur l’Encyclopédie*, Klincksieck, n°9, octobre 1990, p. 109-146.

⁶ “Discours préliminaire”, *Encyclopédie*, t. 1, 1751, p. xix.

⁷ “Discours préliminaire”, *Encyclopédie*, t. 1, 1751, p. vi.

⁸ L’analyse, au sens moderne du calcul différentiel et intégral, est une des formes de la géométrie, dite transcendante ou sublime (article “Géométrie”, *Encyclopédie*, t. 6, D’Alembert). Pour un exposé des apports physico-mathématiques de D’Alembert, voir D’Alembert, Michel Paty, Les Belles-Lettres, 1998).

⁹ Le guide de recherches *Histoire et mémoire de l’Académie des sciences*, E. Brian et C. Demeleunaere, Tec et Doc Lavoisier, 1996, décrit fort bien la constitution de l’Académie et sa bibliographie.

¹⁰ Tellement connu que D’Alembert le reprend dans les *Mélanges*, avec quelques menues modifications, voir la réédition faite par F. Picavet, Vrin, 1984.

¹¹ “Discours préliminaire”, *Encyclopédie*, t. 1, 1751, p. v.

¹² “Discours préliminaire”, *Encyclopédie*, t. 1, 1751, p. vi.

sublime de la Géométrie et de la Mécanique réunies”¹³, et nous verrons que D’Alembert ne pense pas en disant cela aux patients et minutieux relevés d’étoiles et de planètes collationnés par des générations de Cassini. S’il faut entrer dans le texte des articles du Dictionnaire pour voir cet enthousiasme à l’œuvre, la mise en garde est déjà présente : “ce n’est donc point par des hypothèses vagues et arbitraires que nous pouvons espérer de connaître la Nature, c’est par l’étude réfléchie des phénomènes...”¹⁴

A cela, est subordonné la Physique générale, lorsqu’elle existe¹⁵ et la Physique expérimentale qui collectionne des faits. L’usage de ces faits dans le calcul, à fin d’interprétation de la Nature, est toujours présenté par D’Alembert avec beaucoup de circonspection¹⁶, et ses mises en garde sur l’abus de l’application de l’algèbre à la physique, prononcée dans de nombreux autres contextes¹⁷. Cette forme non systématisée de scepticisme est également présente dans sa présentation des études sur la nature de l’homme, dont plutôt que de prescrire ce qu’il faut en dire, D’Alembert préfère insister sur ce qu’il ne faut pas leur faire dire, si l’on applique une certaine rigueur de pensée. Mais il ne faudrait pas croire le travail du géomètre se cantonne à l’autre extrémité de l’échelle des certitudes, dans les sciences mathématiques : si “c’est à la simplicité de leur objet qu’elles sont principalement redevables de leur certitude”¹⁸. (moins ces sciences s’appuient sur les vérités d’expérience, plus elles sont marquées au sceau de l’évidence), elles ne peuvent faire l’impasse sur la matérialité. Or, et c’est là que réside la difficulté et l’intérêt du travail du géomètre, objet matériel simple ne veut pas dire idée claire, alors que l’abstraction d’une idée est garante de son évidence. Les vérités primitives sont quasi triviales, mais difficiles à distinguer.

La double et parfois complexe progression dans l’arbre de la connaissance doit être éclairée par le philosophe : le bon cheminement intellectuel, celui qui pour D’Alembert éviterait les apories et les vaines spéculations, alternerait ascension et descente des ramifications aux racines, le savant éprouvant toujours d’un pied critique la solidité des branches que sont les liaisons causales et méthodologiques, quitte à redéfinir ramifications et racines : “l’esprit de système est dans la physique ce que la métaphysique est dans la géométrie; s’il est parfois nécessaire pour nous mettre dans le chemin de la vérité, il est presque toujours incapable de nous y conduire par lui-même”¹⁹

L’“Explication détaillée du système des connaissances humaines” semble justifier que D’Alembert ajoute une catégorie à la subdivision des mathématiques en pures et mixtes, le “physico-mathématique”²⁰, selon que l’on considère la quantité, objet des mathématiques “seule ou indépendamment des individus réels, et des individus abstraits dont on en tenait la connaissance” (mathématiques pures), “ou dans ces individus réels et abstraits” (mathématiques mixtes), “ou dans leurs effets recherchés d’après des causes réelles ou supposées” (physico-mathématiques). Dans ce sens, la géométrie fait partie des mathématiques pures car elle est indépendante des corps, la mécanique (statique et dynamique) fait partie des mathématiques mixtes car on y considère la quantité dans les corps en tant que mobiles, de la même façon, l’astronomie considère la quantité dans les mouvements des corps célestes, l’optique dans la lumière, ce qui donne autant de subdivisions lorsqu’on mesure les effets : par exemple, la théorie

¹³Discours préliminaire”, *Encyclopédie*, t. 1, 1751, p. vi.

¹⁴Discours préliminaire”, *Encyclopédie*, t. 1, 1751, p. vi.

¹⁵ Michel Malherbe a mis en évidence que c’est en cette articulation que se joue la cohérence des constructions épistémologiques faites, dans le cas de D’Alembert sur la base d’une unité de la science et du savoir marquée au sceau de l’efficacité newtonienne, dans le cas de Diderot sur la continuité des schémas d’organisation du vivant, *Recherches sur Diderot et sur l’Encyclopédie*

¹⁶ Le fameux scepticisme que met en scène Diderot dans le *Rêve de D’Alembert*. Voir le site internet consacré à son étude :

¹⁷ Voir dans le présent recueil de textes, celui de V. Le Ru.

¹⁸Discours préliminaire”, *Encyclopédie*, t. 1, 1751, p. viii.

¹⁹Discours préliminaire”, *Encyclopédie*, t. 1, 1751, p. xxxi.

²⁰Discours préliminaire”, *Encyclopédie*, t. 1, 1751, p. xxxix.

de la figure de la Terre est une science qui relève de l'astronomie, de la géographie physique et de la mécanique, traitées d'un point de vue physico-mathématique²¹.

Mais cette distinction est trompeuse, car lorsque le lecteur entrait de façon plus détaillée dans le contenu des articles, il était confronté à plusieurs hiérarchies des sciences, multiplicité de lectures possibles de l'*Encyclopédie* dépassant les distinctions qu'avaient faites D'Alembert dans le "Discours préliminaire". Il faut maintenant entrer dans l'histoire de ce "milieu de siècle", en gardant présentes à l'esprit un certain nombre de questions que les premiers ouvrages de D'Alembert, comme le *Traité de dynamique*, posaient sans les expliciter jamais : qu'est-ce qu'un principe, qu'est-ce qu'une idée simple ? Questions pour lesquelles toute réponse suppose l'analyse du champ des disciplines et de son éventuelle évolution, du rôle qu'y jouent les mathématiques, et plus précisément du type de mathématiques convoquées et utilisées comme substrat de cohérence.

II. Philosophie naturelle et gravitation

Il faut, pour commencer lever l'ambiguïté attachée au terme de "philosophie naturelle", dont on ne sait s'il est la traduction du terme utilisé par les anglo-saxons, "Natural Philosophy", dans un sens assez proche de "Physics"²², ou l'identification d'un contenu²³, absent sous ce nom du "Système figuré", et plus généralement rare dans le vocabulaire descriptif des sciences du XVIIIème siècle. La "physique" quant à elle, qu'elle soit "générale" ou "particulière" est clairement distincte des mathématiques et ne peut recouvrir, en France l'usage post-newtonien du terme "Natural Philosophy" dont on pourrait dire qu'il recouvre les réflexions sur le mouvement et la matière ayant maille à partir, de façon plus ou moins proche, avec des "principes mathématiques". Si nous projetions de commencer un inventaire des traductions possibles de "Natural Philosophy", l'*Encyclopédie* nous offrirait déjà une large palette de termes, loin d'être synonymes : philosophie naturelle n'est ni une entrée ni une catégorie de l'arbre de la connaissance, mais "science de la Nature", "physique", "physique expérimentale", "newtonianisme ou philosophie newtonienne", "philosophie mécanique & mathématique", "mathématiques mixtes", "sciences physico-mathématiques" seraient de bons candidats. Pas d'emploi généralisé du terme dans le corpus du milieu du siècle, et déjà des singularités d'auteur : L'usage de Diderot n'est pas celui de D'Alembert, ni même celui de Buffon.

Diderot, comme Montesquieu, utilise le terme de "philosophie naturelle" dans le sens qui est le plus simple pourrait-on dire, c'est-à-dire le plus conforme à l'héritage baconien, comme discipline prenant place à côté de l'histoire et des sciences morales, et comprenant aussi bien la "philosophie expérimentale" que "la géométrie". Le point de vue de Buffon est plus particulier, et pour notre propos, plus significatif, lorsque parlant de son tableau des époques géologiques il dit " Et mes hypothèses fussent-elles contestées et mon tableau ne fut-il qu'une esquisse très-imparfaite de celui de la nature, je suis convaincu que tous ceux qui de bonne foi voudront examiner cette esquisse et la comparer avec le modèle, trouveront assez de

²¹ Entrée "Figure de la Terre" du *Dictionnaire*, suivie, comme tous les autres articles, du cheminement dans le "Système" qui y conduit ou du rameau auquel elle appartient. Ici : Astron., Géog. Physiq., Méch.

²² Au XVIIIème siècle comme aujourd'hui, où une interrogation rapide des bases de données permet de constater que le champ de ces deux " mots "clés " se recouvre.

²³ S. Schaffer faisait justement remarquer dans son article " Natural philosophy ", *The Ferment of knowledge*, que les discours classés sous cette rubrique sont hétérogènes mais n'interrogeait pas le déplacement opéré lorsque les catégories elles-mêmes évoluent.

ressemblance pour pouvoir au moins satisfaire leurs yeux et fixer leurs idées sur les plus grands objets de la philosophie naturelle." Il est question ici d'une représentation du monde dont la légitimité puise directement sa force dans une proximité avec des objets de connaissance privilégiée, " les grands objets de la philosophie naturelle ". Ces grands objets sont explicités à la fin du siècle par un attentif lecteur de D'Alembert, Laplace pour qui "rien n'est mieux démontré dans la philosophie naturelle, que le mouvement de la Terre, et le principe de la gravitation universelle, en raison des masses et [raison] réciproque des carrés des distances"²⁴ Laplace, comme D'Alembert, se désintéressait de l'examen de l'origine de cette gravitation pour n'examiner que "la manière dont le principe de la gravitation a été employé par les géomètres".

Je vais donc décrire rapidement la trame des discours et des pratiques qui ont fait de l'attraction universelle le cœur du travail de la philosophie naturelle, et ce dans l'univers académique continental. Cette philosophie naturelle, qui est pratiquée par des " géomètres " – D'Alembert, Clairaut, Euler – et non par des " philosophes naturels " – ce que pourrait être le Buffon auteur des " époques de la nature " – est intimement liée à une pratique mathématique qui n'est que partiellement celle des *Principia*. Cet usage renvoie souvent la physique au peu de fiabilité de ses développements spéculatifs, à sa " manie de tout expliquer " ²⁵, et valorise au contraire les " sublimes recherches mathématiques " des *Principia*, résumant la cohérence probatoire du système du monde newtonien en ces termes : " le grand principe sur lequel est fondé toute cette philosophie, c'est la gravitation universelle " ²⁶

Insistons sur le fait que nous suivons là le fil tiré par D'Alembert au long des renvois de l'*Encyclopédie*, repris ou anticipé dans ses traités de mécanique céleste ou des fluides, explicité dans les *Eléments de philosophie*, et se développant avec une relative indépendance vis à vis des nombreuses autres acceptions, et même des autres utilisations du terme newtonianisme en France, pour d'autres types d'attractions ou de débats que D'Alembert rejette dans les limbes du momentanément indécidable²⁷. D'Alembert recentre la philosophie naturelle (" voyez Soleil, Lune, Planète, Comète, Terre, Milieu, Matière " dit l'article " Philosophie newtonienne ") sur ce qui est fait à partir de la gravitation universelle. La force de son propos tient à ce qu'il possède, lorsque paraissent les *Eléments de philosophie*, toutes les preuves nécessaires à sa conviction et à celle de ses lecteurs, et qu'il s'agit d'un moment clé de construction de sa pensée, sans qu'il éprouve le besoin de lui donner la forme d'une synthèse cohérente et fermée.

III. 1757, La crise de l'*Encyclopédie* - 1759, les *Mélanges*

D'Alembert a énoncé des propositions, mathématiques ou épistémologiques continuellement réajustées, dont il aimait donner immédiatement le dernier état à imprimer, quitte à bousculer quelques convenances éditoriales. Il faut donc avoir présent à l'esprit la chronologie de ses publications, historique auquel les volumes de l'*Encyclopédie* n'échappent pas, et le lien permanent avec les recherches mathématiques qu'il menait de front - lesquelles ne s'arrêtent pas

²⁴ Laplace, *Exposition du système du monde*, 1796.

²⁵ Voir l'article de V. Le Ru dans le présent recueil qui s'ouvre en citant le texte extrait de l'*Essai sur les éléments de philosophie*, chapitre XX, " Physique générale ", Paris, Fayard, pp. 184-185, exemple identique à celui illustrant cette " manie de tout expliquer " dans l'article " Physique " de l'*Encyclopédie*, XII, 539a-540a, 1765.

²⁶ *Encyclopédie*, " Newtonianisme ou philosophie newtonienne ", XI, 122b-123b, 1765.

²⁷ D'Alembert répète sans cesse dans l'*Encyclopédie* qu'il faut se méfier des applications de la géométrie (article " Applications ") et savoir attendre et douter (article " Figure de la Terre ").

aux *Traité*s de 1743, 44, 47, 49, 52, 54, et 56, mais continuent avec les *Opuscules* jusqu'à la fin de sa vie²⁸.

La publication des *Mélanges* contenant l' "Essai sur les éléments de philosophie" intervenait après une période douloureuse pour D'Alembert. En effet, la parution du volume VII de l'*Encyclopédie*, à la fin de l'année 1757, avait déclenché immédiatement une "affaire" autour de son article "Genève", suivie de l'interdiction bien connue de l'*Encyclopédie*. Coéditeur depuis 1747 de la vaste entreprise du Dictionnaire, D'Alembert annonçait sa décision de se retirer de l'*Encyclopédie* au début 1758 : "je suis excédé des avanies & des vexations de toute espèce que cet ouvrage nous attire"²⁹, refusant d'être comme Diderot qui "se prépare des tracasseries et du chagrin pour dix ans"³⁰. Quelques mois plus tard, dans une longue lettre au Cardinal de Bernis, Malesherbes prônait une attitude envers les encyclopédistes de juste mesure entre douceur et sévérité, constatant à propos de D'Alembert qui était pensionnaire surnuméraire depuis 1756 à l'Académie des sciences et membre de l'Académie française : "la reconnaissance autant que le devoir l'oblige à ne rien faire paraître qui déplaît au gouvernement". Cette position était non seulement inconfortable socialement, mais aussi éditorialement, puisque l'arrêt de l'*Encyclopédie* ôtait à D'Alembert la possibilité d'une parution annuelle de ces dernières réflexions, ce fameux volume VII contenant aussi bien l'article "Genève" que l'important article "Géomètre"³¹, ou encore "Force" et "Gravitation". Profitant de ce que les libraires n'avaient plus d'exemplaires de la première édition de ses *Mélanges de littérature, d'histoire et de philosophie* (1753)³², D'Alembert demandait avec succès à Malesherbes dès l'automne 1758 la "permission" de faire réimprimer ses *Mélanges*³³ par Bruyset à Lyon, à qui il avait donné une petite partie de l'ouvrage, avec "quelques corrections", dont on ne sait si elles contenaient déjà les deux volumes qui doublent l'édition de 1753... mais dans lesquelles il assurait qu'il n'y avait "rien qui fasse crier les dévots".

Au mois de mai 1758 avait paru la seconde édition du *Traité de dynamique*, venant clore la série des *Traité*s scientifiques, comme la première édition l'avait ouverte. D'Alembert y avait apporté de nombreuses corrections, et avait autorisé Bezout à ajouter la lumière de notes explicatives, les unes et les autres pouvant à la fois s'appuyer sur des utilisations effectives des principes physico-mathématiques du *Traité*, et sur un contexte de définitions des champs de compétence scientifique s'étant profondément déplacé pendant cet intervalle de quinze ans.

C'est au moment de cette acmé, aussi bien institutionnelle qu'intellectuelle, que tombait, le 23 janvier 1759, l'arrêt du Parlement de Paris condamnant dans le même élan *De l'esprit* et l'*Encyclopédie*. Le 24 février 1759, D'Alembert profitait de la rédaction finale des *Mélanges* pour donner sa version prudente de l'état du débat autour de l'*Encyclopédie* : Dans l' "Avertissement", que les rééditions ultérieures au XVIII^e siècle ont encore plus prudemment omise³⁴, D'Alembert justifiait le contenu d'actualité de ses *Mélanges*, en prenant bien soin d'en

²⁸ La publication des *Oeuvres complètes de D'Alembert* commencera en 2002, CNRS-Editions. Voir la *Gazette des mathématiciens*, juillet 1998 et M. Paty, *D'Alembert*, Paris, Les Belles-Lettres, 1998.

²⁹ Lettre à Voltaire du 11 janvier 1758.

³⁰ Lettre à Voltaire du 20 janvier 1758.

³¹ Article, avec celui de "Figure de la Terre", dont D'Alembert avait recommandé la lecture à Voltaire.

³² Lettre à Voltaire du 20 janvier 1758 qui lui avait réclamé un exemplaire des *Mélanges* dans sa lettre du 14 janvier et auquel D'Alembert répondait "mon exemplaire est trop raturé pour que je vous l'envoie".

³³ Lettre à Malesherbes du 6 octobre 1758.

³⁴ Aussi bien l'incomplète édition des *Oeuvres complètes de D'Alembert*, Bossange et Belin, Paris, 1821, que l' "ouvrage" de D'Alembert, inédit sous cette forme, *Essai sur les Eléments*

mentionner la date : “ [le Gouvernement] n’a point encore prononcé dans le moment(*) où nous écrivons ” [en note :(*) Le 24 février 1759]. Deux mois après la révocation du privilège de l’*Encyclopédie*³⁵, Voltaire lui donnait son commentaire sur les quatre volumes “ philosophiques ” qu’il venait de recevoir³⁶ : “ ils passeront ; car tout brûlable que vous êtes, vous êtes plus sage que moi ”. Il est probable qu’après la parution des *Mélanges*, D’Alembert consacrait les mois suivants à des travaux mathématiques, puisqu’il présentait à l’Académie Royale des Sciences au mois de décembre 1759 un nouveau mémoire sur la précession, dans l’hypothèse de la “ dissimilitude des méridiens ”, c’est-à-dire d’une figure de la Terre non symétrique, et qu’il disait en mai en avoir terminé avec la partie mathématique de l’*Encyclopédie* pour les volumes restants.

IV. Le “ bien ” et le “ mal raisonné ” : bons et mauvais cheminements des calculs aux principes

Il nous faut donc brosser les grandes lignes de ce fameux, mais néanmoins mal connu problème de la figure de la Terre, qui ne se contenta pas de défrayer la chronique des salons par les péripéties des expéditions conduite l’une par Maupertuis en Laponie (1736-37), l’autre par La Condamine, Bouguer et Godin au Pérou (1735-1748) afin de mesurer un degré d’arc de méridien, et partant, la déformation aplatie ou allongée du sphéroïde terrestre. L’espace de débat et d’argumentation à propos de cette mesure et des compétences mobilisées fut également le lieu d’un basculement dans les pratiques physico-mathématiques, entre les années 1730 et 1750. En cette année 1758 qui nous occupe ici, l’académicien Lacaille clôturait la campagne de nouvelle mesure du méridien français, à l’issue d’un travail collectif de plusieurs années, et D’Alembert pouvait, dans ce contexte de mesures précises et néanmoins contradictoires, offrir un exemple tout à la fois de son habileté mathématique à manier l’intégration et de son habileté méthodologique à contrôler la variation des paramètres physiques en jeu dans la formalisation mathématique : doutes épistémologiques et certitudes méthodologiques dont sa philosophie est indissociable.

Le géomètre et grand concurrent académique de D’Alembert, Alexis-Claude Clairaut avait publié l’année du *Traité de dynamique* (1743) un ouvrage qui fit date dans la définitive identification de la physique des tourbillons cartésiens à un monde de spéculations et de chimères : *La théorie de la figure de la Terre, tirée des lois de l’hydrostatique*. Il fit également date, de façon plus discrète, dans la façon d’extraire un problème de la “ physique ” au sens du XVIIIème siècle, pour en faire un problème “ mathématique ”, c’est-à-dire traité par des mathématiciens. L’ouvrage faisait en effet table rase de toute explication sur la chronologie géologique justifiant que la Terre soit considérée comme relevant des lois de l’hydrostatique en tant que fluide solidifié et mieux encore comme suffisamment régulière pour que la concordance entre des mesures de terrain et les résultats de la théorie aient un sens. Dans l’ “ introduction ” à l’ouvrage de Clairaut, ces hypothèses d’une terre homogène, fluide, régulière et ellipsoïde de révolution, ne sont pas envisagées dans un cadre de “ Natural Philosophy ” qui exprimerait une forme des rapports entre théorie de la matière, forces, nature des principes et expérience. Leur validité est assurée de l’extérieur par l’efficacité de l’outil différentiel, de l’intérieur par la continuité des calculs et des raisonnements lorsqu’un nouveau paramètre intervient : hétérogénéité, couches de matière.

Clairaut insistait sur la différence avec les pratiques cartésiennes, non pas par critique de leurs principes métaphysiques, mais par mise en évidence de la discontinuité méthodologique que

de philosophie, Fayard, 1986, ne donnent ni ne mentionnent cet “ Avertissement ”. On peut y voir une forme de prudence, c’est-à-dire de méfiance de la philosophie vis à vis de l’histoire.

³⁵ 8 mars 1759.

³⁶ Voltaire à D’Alembert, 4 mai 1759.

l'hypothèse cartésienne d'attraction centrale introduisait, lorsqu'elle tentait de prendre en compte ces paramètres physiques. D'Alembert opérait le même déplacement argumentatif dans son article sur la figure de la Terre de 1756, affiné encore dans son mémoire sur cette nouvelle variation possible dans la description mathématique de la forme de la Terre : l'irrégularité de ses méridiens.

Il est d'ailleurs frappant de noter que plus les savants fournissaient de mesures, plus leur comparaison frappait par l'incompatibilité des résultats obtenus. Si cette incohérence ne remettait pas en cause les calculs qui avaient permis de donner sens aux mesures de terrain, mais plutôt, soit ces mesures, soit les modalités de leur intégration dans la théorie, c'est qu'il faut chercher ailleurs que dans une preuve de type expérimental (une seule série de mesures) la validité de la théorie newtonienne de la gravitation universelle. Nous voyons que les critiques émises par D'Alembert et qu'il répétait à l'envi, dans l'*Essai* comme ailleurs, à propos des mauvais usages de la géométrie, l'amenait à montrer dans ses mémoires scientifiques, équation à la main, comment cheminer dans le labyrinthe des doutes et des spéculations. Répondant ainsi aux "Époques de la Nature", il prenait appui sur le doute qui avait conduit Buffon à écrire : "mais je me demande en même temps s'il y a aucune raison de croire que ces couches de différentes densités existent, si ce n'est pas vouloir que les ouvrages de la nature s'ajustent à nos idées abstraites, et si l'on doit admettre en physique une supposition qui n'est fondée sur aucune observation, aucune analogie, et qui ne s'accorde avec aucune des inductions que nous pouvons tirer d'ailleurs" pour transformer une mise en garde contre la mathématisation du problème, en une conjonction entre une recherche mathématique nouvelle et une interprétation physique affinée.

S'il n'est pas possible d'unifier sous le nom de "Newtonianisme en France"³⁷ une théorie cohérente de la matière et du mouvement, ni même une forme hiérarchisée des rapports entre mathématiques et expérience, on peut rendre compte du choix des objets de recherche et de sa dynamique en suivant l'utilisation et l'efficacité accordée à l'instrument "calcul différentiel et intégral". Il devient instrument de sélection, au regard duquel certains problèmes de philosophie naturelle deviennent pertinents et d'autres disparaissent, un instrument enfin de "géomètres" et non de "physiciens", au sens de l'Académie Royale des Sciences de Paris, instrument dont une part importante de la transformation au XVIII^e siècle est liée à l'utilisation de la loi d'attraction newtonienne en $1/r^2$.

La vérité comme parure

Nous avons tenté de mettre en évidence dans ce qui précède trois caractéristiques qui permettent de rapprocher *Traité*, *Essai* sur les *Eléments* de philosophie et articles de l'*Encyclopédie* :

1. L'importance implicite accordée à l'outil mathématique permet de condamner "la manie de tout expliquer des physiciens" (*Essai* p. 185) et de faire de la "bonne" géométrie (au sens du calcul différentiel et intégral) l'outil essentiel de la pensée physique. Cela met D'Alembert dans la position difficile de ne chercher que des lecteurs austères, "ceux qui s'intéressent vraiment au progrès des Sciences, qui savent que le vrai moyen de le hâter est de bien démêler tout ce qui peut le suspendre, qui connoissent enfin les bornes de notre esprit & de nos efforts, & les obstacles que la nature oppose à nos recherches : espèce de lecteurs à laquelle seule les Savans doivent faire attention, & non cette partie du public indifférente & curieuse, qui plus avide du nouveau que du vrai, use tout en se contentant de tout effleurer"³⁸.

³⁷ Ni ailleurs, voir Schofield, *Mechanism and Materialism*, Princeton, 1970 et Simon Schaffer, "Natural Philosophy", *The Ferment of Knowledge*,

³⁸ *Encyclopédie*, tome VI, 761b, 1756, identique à la Préface du troisième tome des *Recherches sur le système du monde*, 1756

2. La réorganisation perpétuelle de ce qui serait une “ Table raisonnée des principales matières que de pareils Eléments [de philosophie] doivent contenir ”³⁹ est renforcée par l'importance des recherches de mécanique céleste effectuées en 174-56, où la pensée de D'Alembert oscille entre la recherche particulière de méthodes performantes et la généralisation possible de ces méthodes. Ce type de raisonnement est par exemple mis à l'oeuvre dans le très long article “ Figure de la Terre ” conclu par un “savoir attendre et douter”, à rapprocher du “hâter lentement” de l'*Essai*.

—3 Le rôle épistémologique de la formulation mathématique : la seconde édition du *Traité de dynamique* (1758) qui insiste sur le principe fondamental de la dynamique, en tentant d'en exclure définitivement la notion de force, prend acte du désintérêt des géomètres pour la causalité (voir aussi l' *Essai*)⁴⁰ De plus, la notion de principe (ou d'élément) primitif et de principe de second ordre⁴¹, si obscure me semble-t-il dans l'*Essai* est éclairée par l'importance, dans la dynamique de D'Alembert, du concept de “corps dur”. Il joue le rôle de principe à l'intersection de deux ordres de raisonnement : la dureté comme “qualité”, que le sens commun peut apprécier, fait empirique, et de ce fait situé à l'extrémité “sensible” de la chaîne d'interprétation, mais aussi comme “propriété” dont la cause tient de près à celle de l'impénétrabilité, ce qui en fait un principe primitif de la mécanique, et par ailleurs permet une mesure, donc une géométrisation, tout en étant essentielle aux particules des corps⁴²

Les interprétations historiographiques mentionnées au début de cet article, auxquelles il faut ajouter celles qui reprochent à D'Alembert son manque de systématisme, voire de rigueur déductive, n'ont pas pris en compte sa subtile mise en place d'un ensemble d'interactions contraignantes entre mathématique et physique, ou, plus généralement encore, entre méthodes d'analyse et représentations du monde. Cette organisation chaînée du savoir pourrait s'appeler aujourd'hui rigueur scientifique⁴³, laquelle n'a plus besoin de plaider aujourd'hui que “ son éloquence est la précision, sa parure la vérité ”.⁴⁴

³⁹ “ Préface ” de l'édition des *Mélanges* de 1759, p. vj.

⁴⁰ Sur l'importance du *Traité de dynamique* dans l'épistémologie de D'Alembert, voir M. Paty et V. Le Ru. Plus particulièrement sur l'évolution dans la seconde édition, voir P. Quintili “ D'Alembert traduit Chambers. Les articles de mécanique, de la *Cyclopaedia* à l'*Encyclopédie* ”, *Recherches sur Diderot et sur l'Encyclopédie*, n°21, octobre 1996, p. 84-85.

⁴¹ Voir V. Le Ru et F. De Gandt dans *Recherches sur Diderot et sur l'Encyclopédie*, n°21, octobre 1996.

⁴² Voir J. Viard et I. Youssouf dans “ les relations entre élasticité et dureté dans le *Traité de dynamique* sont-elles compatibles avec celles de l'*Encyclopédie* ? ”, p. 123-145, *Recherches sur Diderot et sur l'Encyclopédie*, n°22, avril 1997

⁴³ Voir M. Paty, *D'Alembert*, Paris, 1998.

⁴⁴ “ Préface ” de l'édition des *Mélanges* de 1759, p. vij.